

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫二：高層建築之設計風載重專家系統

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-032-019-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

執行單位：淡江大學土木工程學系

計畫主持人：王人牧

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 8 月 10 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 結構之風力載重及受風反應研究(II)—子計畫二

### 高層建築之設計風載重專家系統

### A Design Wind Load Expert System for Tall Buildings

計畫編號：92-2211-E-032-019

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：王人牧 私立淡江大學土木工程學系

#### 一、中文摘要

案例式推理是人類推理思考過程中常用的解題策略，也就是利用先前處理類似情況的經驗來協助解決所面臨的新問題。傳統的專家系統多根據其相關知識整理出經驗法則，而以法則式推理進行系統之運作。然而對於高層建築風載重的分析，往往需要先建立建物的模型經過風洞實驗才能評估設計風載重，但是每次都要經過此一步驟耗時費力，若是能以類比式思考方式進行設計風載重分析，則可達到事半功倍的效果。藉由案例式推理的優點來彌補傳統專家系統的不足，更進一步的將它利用到風載重計算的領域裏，利用案例式推理的觀念與技巧輔助結構工程師完成設計風載重的初步分析。系統架構是透過主從式網路環境執行，使用者介面主要是以 JSP 技術建立於瀏覽器上，加上建置於 IIS 伺服端的案例庫與推論引擎選出適當的案例，配合修正因子利用 Fortran 寫出的程式計算出設計風載重，最後將結果透過繪圖軟體產生風力頻譜與載重分布。九十二年度完成三年期計畫第二年之工作。

**關鍵詞：**專家系統、案例式推理、結構風工程、風洞試驗、案例庫、知識庫、全球資訊網、Java Server Page

#### Abstract

Case-based reasoning is a problem-solving strategy that human use frequently. That is to say people use previous and similar experiences to solve new problems. Traditional expert systems

typically use rule-based reasoning base on production rules generalized from domain related heuristics to deduce solutions. Wind tunnel experiments of scaled-down building models are usually conducted when we analyze the design wind load of tall buildings. However, the process is usually time-consuming and laborious. This research developed a design wind load expert system for tall buildings using case-based reasoning concept to assist structural engineers to analyze building design wind loads at the preliminary design stage. The user interface is built on Internet browsers using mostly JSP, and the case library and case-based inference engine are on an IIS server. Similar cases can be retrieved, and design wind loads are revised using correction factors calculated by numerical programs written in Fortran. In addition, web-charting software is used to plot figures of wind spectra and loading distributions. It is a three-year project. This report presents its second year results.

**Keywords:** Expert Systems, Cased-Based Reasoning, Structural Wind Engineering, Wind Tunnel Experiments, Case Base, Knowledge Base, WWW, Java Server Page

#### 二、系統架構設計

系統的建構採用德國 Emplois 公司所發展的 CBR-Works [1] 作為案例式推論引擎，CBR-Works 以圖形化的介面來讓使用者更容易的建立應用程式，以物件導向的

方式來設計模組，直接透過 ODBC 來連接資料庫，並可以 HTML 和 JAVA 作為前端處理。CBR-Works 主要的運作模式是透過使用者所輸入的項目配合它的權重、及相似度、法則各項條件來進行評估，開始搜尋 CBR-Works 內所有的案例，將搜尋出來的案例給予評分讓使用者參考。關於輸入查詢資料的部分，我們可以利用 CBR-Works 內的 Case Navigator [2] 來替我們完成，但 Case Navigator 的介面並不友善，也只能在本機端使用。所以透過瀏覽器在網路執行 CBR-Works 即可直接將所得到的結果顯示在瀏覽器上。利用瀏覽器來執行必須在本機端有個網頁的伺服器，使用者從客戶端的瀏覽器連上網頁伺服器，將所要查詢的案例的條件一一輸入後，透過網頁伺服器傳入一個 CGI 程式 CQL-Connect，將我們所查詢的資料轉為 CQL 語言，再傳入 CBR-Works 中進行查詢，查詢出來的結果也是透過 CQL 語言配合一個樣板網頁，將所查得的資料，輸出在樣板網頁上，轉為使用者易懂的樣式，傳給網頁伺服器，呈現在使用者面前。

本研究高層建築設計風載重專家系統在整體架構上可分為四個部份：案例式推論引擎、使用者介面、繪圖元件、案例改編四個部份。圖一所示乃系統各部份之關聯與運作方式。使用者透過引導式之圖形化介面輸入風載重評估之相關資料後，到案例式推論引擎去擷取相似度較高的案例，案例式推論引擎主要是由案例擷取模組和 CBR-Works 組成，若將 CBR-Works 再細分的話，可分為 CQL-Connect、案例庫、CBR-Works 推論機制。案例搜尋模組將根據各種屬性的權重、比對方式到案例庫進行收尋適合案例的工作，根據相似性的計算，找到適合的案例之後可以進入案例改編部份根據修正程式進行分析，並將分析的結果如風力係數、順風向頻譜、橫風向頻譜、順風向及橫風向的風載重，經由檔案轉換模組，透過繪圖元件 WebCharts 3D，將圖形與數值同時顯示在視窗介面上，讓使用者可以配合數值參考圖形，更可以了解數值在不同狀態下的變化情形。

### 三、案例的屬性、比對、取得與改編

本系統所採用的案例皆為淡江大學風工程研究中心層經做過的不同基本形狀房屋之氣彈力模型實驗和高頻力平衡量測 (HFBB) 結果，依據各種流場，各種形狀的分類一共有 60 個案例收入 CBR-Works 的案例庫中，所彙集的模型共分為六個系列請參考 [3]。

案例的屬性關係到是否能從案例庫搜尋到最相似案例，也關係到之後案例的修正，在模型案例的屬性方面，根據設計風載重所需的資料，我們一共定義了 13 種屬性來描述一個模型案例，其中 5 個屬性有它的子屬性，以下說明各種屬性之定義：(1) 順風向頻譜 (Along Wind Spectra)—提供頻譜檔案檔名。(2) 邊界層 (Boundary Layer)—說明邊界層  $\alpha$  值。(3) 邊界層高度 (Boundary Layer Height)—說明邊界層高度  $\delta$  值。(4) 削角 (Corner Chamfering)—說明關於模型斷面削角的變化情形。(5) 描述案例的特性 (Description)—此屬性只提供系統建構者參考，不在案例搜尋時使用。(6) 模型高度 (Model Height)—說明模型的高度。(7) 斷面尺寸 (Dimension)—定義模型斷面尺寸。(8) 模型實驗力量檔 (In File)—提供模型實驗力量檔的檔名。(9) 模型編號 (Model Code)—說明模型的型號，不比對。(10) 退縮部分 (Recess)—說明關於斷面退縮變化的各種情形，分三個子屬性。(11) 比率 (Ratio)—模型的各種比率。(12) 斷面形狀 (Section)—說明其斷面的型態。(13) 風力係數 (Wind Coefficient)—說明模型的各個方向的風力係數值，共十個子屬性。

系統在比對屬性時全部採用模型案例裡面的比率 (Ratio) 屬性下面的子屬性以及邊界層與斷面形狀進行比對，因為風工程研究中心中的實驗數據全得自縮尺模型，與實際建物之尺寸無法直接比對，必須要化為比率來比較才有意義，所以在來源案例與目標案例之間比對的屬性即為屬性 (11) 之子屬性：高寬比、深寬比、削角比、起始退縮高比、每段退縮寬比這五個比率，外加建物斷面形狀、邊界層，也就是總共七個索引。

系統中案例相似性的計算，是藉由比對來源案例(Source Case)與目標案例(Target Case)間的每個索引屬性值間的差異，計算每個索引的相似性(Sim<sub>i</sub>)，並且根據高層建築風力載重研究所得的建議，給予每個索引不同的權重，藉由索引的權重(W<sub>i</sub>)，加權平均每個索引個別的相似性而得到最後來源案例與目標案例的總相似性(Overall Similarity)。在每個索引的比對上，目前皆為採用線性的比對方式，此種比對方式所得之相似性介於 0% ~ 100%之間，計算方式為以來源案例索引值和目標案例索引值之比例作為索引相似性之判斷，計算公式如下：

$$\text{Similarity (Sim}_i\text{) of Index } i = 1 - \frac{|Value_i^T - Value_i^S|}{Value_i^{\max} - Value_i^{\min}}$$

$$\text{Overall Similarity} = \frac{\sum_{i=1}^7 W_i \times Sim_i}{\sum_{i=1}^7 W_i}$$

其中  $Value_i^T$  和  $Value_i^S$  分別代表目標案例與來源案例  $i$  索引屬性值， $Value_i^{\max}$  為案例庫所設定  $i$  索引屬性值之最大上限， $Value_i^{\min}$  為案例庫設定最小下限。本系統的目前雖採用線性比對，以後將根據進一步實驗數據與後續研究的結果作適當的修正。

案例擷取模組是連結案例庫的主要模組，它會將使用者在使用者介面每個模組所輸入的資料加以整合後，轉換為可以與案例庫中的資料相符合的方式，即為各種比率(Ratio)，也是由於這樣，才能使真實建物與案例庫裡面的案例作比對。將資料轉換好了之後，模組會透過 CQL-Connect 這個 CGI 程式傳入 CBR-Works 裡，透過 CBR-Works 搜尋的結果，會取最適合的案例再傳回到案例擷取模組中，呈現在使用者面前。使用者可以看到系統根據所輸入的建物資料與案例庫比對後所給予的相似度，也可以更進一步的來查詢這些案例的細部資訊，檢視它們實驗後所得到的風力係數，以及順風向的頻譜圖資料。當使用者比較完這個案例的各項資訊之後，可以選擇查詢其它案例，或將目前案例交付到執行程式模組之中，準備進行分析。系統

根據案例比對結果，開始進行此來源案例的修正，依照使用者所輸入目標案例的各項實體建物的條件，配合所找到的來源案例的頻譜資料和風力係數進行修正，目前案例修正以修正係數的方式以本中心所發展的 Fortran 修正程式完成，細節請參考〔4、5〕。最後系統將修正後的結果配合繪圖軟體繪出順風向與橫風向的設計風載重、修正後的風力係數以及修正後的順風向與橫風向的頻譜。典型的系統執行過程如圖二至圖五所示。

## 五、結論與成果自評

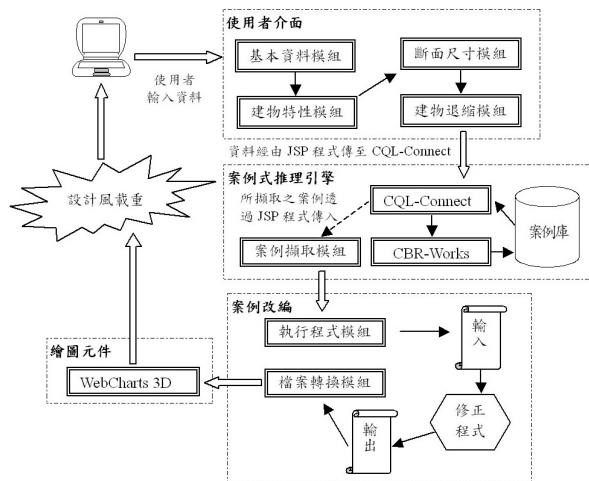
本研究成功地整合專家系統與外部數值程式，更進一步讓專家系統網路化，有別於以往的專家系統只能在本機端執行，所以必須要注意到多人同時在線上使用的問題，在使用者輸入資料的部分，系統使用 JSP 裡面的 Session 功能，來讓系統分辨每位使用者。在外部數值程式的部分，目前採用 Java 裡面有關於執行緒(Thread)控制的方法，來控制存取程式的時間。

案例式推理是很接近人為的推理模式，另外亦可有自我學習的功能。本系統就是由這個概念生成的，利用案例式推理的技術，配合網路專家系來解決風工程上的問題也算是一個新的嘗試。設計風載重是一個多元化的知識領域，包括結構動力理論、分析設計、法規條文規範與經驗公式等多方面的知識，本研究的目的即運用案例式的理念，減輕知識擷取的負擔，建置案例庫，經由相似性的判定與風力係數和頻譜的修正，產生適當的設計風載重。

九十三年度已開始執行本計畫第三年之工作，目前原型系統已上線運作，將進行進一步的效能測試與權重調校，並將配合其它子計畫之風洞實驗，擴充系統案例庫，改進案例修正方式，隨著案例的增加，系統案例庫也日漸成長，系統的解題能力也可有所增長，藉由 CBR-Works 提供的案例管理功能，可進行資料的分析與採擷，有助於進一步了解結構形狀對設計風載重的影響，可作為後續研究之參考，並將成果回饋於案例之比對和修正方法的改進。

## 六、參考文獻

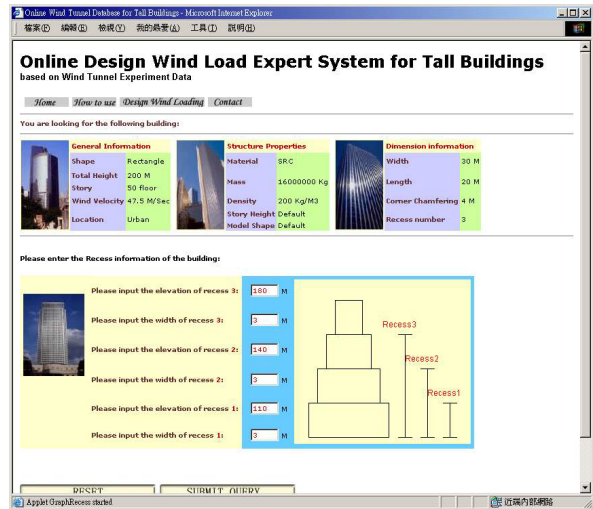
- [1] CBR-Works, URL: <http://www.cbr-web.org/>, accessed June 2004.
- [2] Wang, Jenmu, Chii-Ming Cheng and Ping Tai Tens, "Design Wind Loads on Tall Buildings: a Wind Tunnel Data Based Expert System Approach," The Eleventh International Conference on Wind Engineering, June 2~5, Lubbock, Texas, USA, pp. 511-518 (2003).
- [3] Cheng, Chii-Ming, Chung-Tai Liu and Po-Chien Lu, "A wind tunnel database for wind resistant design of tall buildings," *System-Based Vision for Strategic and Creative Design*, Second International Structural Engineering and Construction Conference, Rome, Italy, September 23-26 (2003).
- [4] 劉啟威, 「不同斷面型式之高層建築對設計風載重之風洞實驗研究」, 淡江大學土木工程研究所碩士論文 (2003)。
- [5] 陳信甫, 「紊流邊界層對高層建築設計風力的影響」, 淡江大學土木工程研究所碩士論文 (2003)。



圖一：系統運作模式



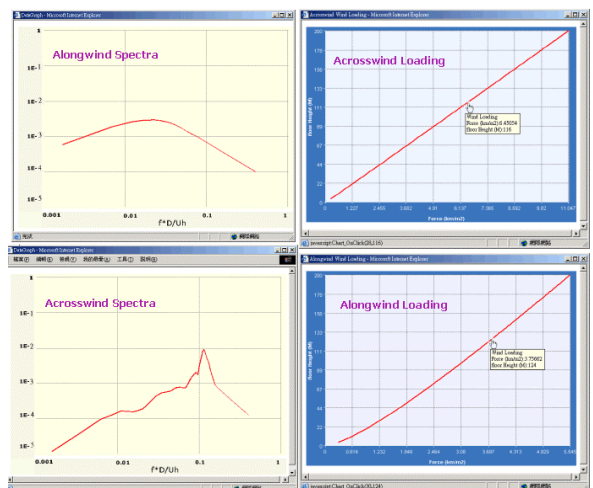
圖二：高層建築基本資料輸入



圖三：高層建築退縮特性輸入



圖四：案例取得與評估結果



圖五：修正後之風力頻譜與載重